

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikka

Mikko Nevalainen

Crowbar-testilaitteisto

Insinööritö 05.05.2009

Ohjaaja: tuotekehityspäällikkö Antti-Jussi Salmela
Ohjaava opettaja: lehtori Kai Virta

Tekijä	Mikko Nevalainen
Otsikko	Crowbar-testilaitteisto
Sivumäärä	97
Aika	05.05.2009
Koulutusohjelma	automaatiotekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja	tuotekehityspäällikkö Antti-Jussi Salminen
Ohjaava opettaja	lehtori Kai Virta
<p>Insinööri­työn tavoitteena oli toteuttaa Crowbar-moduulin testilaitteisto ABB Oy:n Drives -yksikölle. Crowbar-moduuli on osa tuulimyllyjärjestelmää. Se stabiloi verkon toimintaa ja toimii ylijännitesuojana.</p> <p>Crowbar-moduulien olemassa oleva testausmenetelmä ei ollut riittävän turvallinen tai tehokas, joten uudelle ja tarkoitukseen paremmin sopivalle testauslaitteelle oli olemassa tarve.</p> <p>Työ käsitti mekaniikan, ohjauselektroniikan sekä graafisen käyttöliittymän suunnittelun ja toteutuksen. Työ aloitettiin tutustumalla AMC-33-moduulin toimintaan. Selvitettiin, miten moduuli saadaan kommunikoimaan tietokoneen kanssa ja miten sitä saadaan ohjattua. Perehdyttiin tiedon hakemiseen laitteesta ja ohjauskomentojen antamiseen laitteelle. Tämän jälkeen perehdyttiin DriveDebug-makrojen toimintaan ja siihen, miten niitä voitaisiin hyödyntää työssä. Makrot eivät soveltuneet testiohjelmiston käyttöön. Seuraavassa vaiheessa tutkittiin mahdollisuutta toteuttaa testiohjelmisto Visual Basic -ohjelmointikielellä. Visual Basic tuntui sopivalta vaihtoehdolta ja käyttöliittymä päätettiin toteuttaa sen avulla.</p> <p>Tämän jälkeen alettiin rakentaa taajuusmuuttajan ympärille testijärjestelmää. AMC-33-kontrolleri sijoitettiin taajuusmuuttajaan ja alettiin rakentaa erilaisia mittaus- ja ohjausmenetelmiä ja suunnitella testiohjelmiston koneistoa tarkoitukseen sopivaksi.</p> <p>Suunnittelussa oli tärkeässä roolissa laitteen turvallisuus ja helppokäyttöisyys. Turvallisuuden suunnittelussa käytettiin apuna standardeja SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset, SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus sekä SFS-EN 50191 Sähköisten testauslaitteistoiden asennus ja käyttö.</p> <p>Työ toteutettiin yhteistyössä testilaitteiston tilanneen yrityksen kanssa, site, että yritys tarjosi työn edellyttämät välineet, materiaalit ja asiantuntemuksen.</p> <p>Lopputuloksena syntyi Crowbar-testilaitteisto sekä graafinen käyttöliittymä sen ohjaamiseen.</p>	
Hakusanat	Crowbar, testilaitteisto, tuulimylly, ABB

Author Title Number of Pages Date	Mikko Nevalainen Crowbar tester 97 5 May 2009
Degree Programme	Automation Technology
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor Supervisor	Product development manager Antti-Jussi Salmela Lecturer Kai Virta
<p>The object of this thesis was to produce a new Crowbar tester for Abb Oy Drives department. Crowbar module is a part of a windturbine system. It stabilizes the grid and has a function as an overvoltage protection. The existing Crowbar tester is not safe or effective enough and therefore there was a need for a new tester.</p> <p>The work included the planning and implementation of the mechanism, electronics and a graphical user interface to control the Crowbar tester. The project was started with familiarizing oneself with the AMC-33 module and finding a way to make the module communicate with a PC and to control the module. The next phase was to find out how the DriveDebug macros function and how they could be utilized in the project. The macros didn't work as hoped and Visual Basic programming language was decided to be used in the project.</p> <p>After this the actual assembly of the testing system started. The AMC-33 controller was placed on the frequency converter system and the actual testing system with all the measurement and controlling hardware and software was developed.</p> <p>The functional requirements dictated a safe and a user friendly testing system which played an important role in the planning of the system. The following standards were used: SFS 6000 Low-voltage Electrical Installations, SFS 6002 Safety at Electrical Work and SFS-EN 50191 Erection and Operation of Electrical Test Equipment.</p> <p>The project was carried out in co-operation with Abb Oy. The company provided the resources necessary to complete the project successfully.</p> <p>As a result, a Crowbar tester with a graphical user interface was developed.</p>	
Keywords	Crowbar, tester, windturbine, ABB

Sisällys

Insinööriyön tiivistelmä.....	2
Abstract.....	3
Sisällys.....	4
Lyhenne- ja symboliluettelo	7
1 Johdanto.....	8
2 Tuulimyllyt ja Crowbar-moduuli.....	8
2.1 Tuulimyllyjen toimintaperiaate ja pääkomponentit	8
2.2 Crowbar-moduuli osana järjestelmää	9
2.2.1 Passiivi-Crowbar-moduuli.....	9
2.2.2 Aktiivi-Crowbar-moduuli	10
3 Testilaitteiston tarve.....	12
4 Crowbar-testilaitteiston suunnittelu	12
4.1 DriveDebug-ohjelmisto osana testilaitteiston käyttöliittymää.....	13
4.2 DriveDebug-funktiot osana testilaitteiston käyttöliittymää	14
4.3 Mekaaninen suunnittelu osana turvallisuutta	14
4.4 Sähköisten kojeiden sijoittelu testilaitteessa	15
4.5 Taajuusmuuttajan valinta Crowbar-testilaitteistoon.....	16
4.6 Oikosulkumoottori testilaitteistoon	17
5 Firmware-ohjelmisto AJXC201 osana testilaitteistoa	17
6 NUIM-61-jännitemittaus	17
7 Testilaitteiston jako soluihin	18
8 Pääpiirisuunnittelu	18
8.1 Mitoituksia.....	19
8.2 Piirikaaviot	19
8.2.1 Pääpiirin komponentit.....	19
8.2.2 Testaustilan OESA 200 erotus pääpiirin jänniteestä	20
8.2.3 ISU:n pääohjauskortti RDCU-02:n analoginen ja digitaalinen I/O- yksikkö	20
8.2.4 Jännitteen- ja virranmittauskortti	20
8.2.5 Apujännitteiden käynnistys ja lämmittimien ohjaus.....	20
8.2.6 Testaustilan erotuksen ohjaukset.....	21
8.2.7 NCBC-61-korttien lähtöliitännän testaus	22

8.2.8	AMC-33-kortin valokuituliitännät, digitaalinen I/O-yksikkö ja analoginen I/O-yksikkö	23
8.2.9	Takometrin rajapinta järjestelmään	23
8.2.10	Crowbar-moduulien 1 ja 2 liitännät testilaitteeseen	24
9	Crowbar-testilaitteiston topologia	24
10	Crowbar-testilaitteiston käyttöliittymä	26
10.1	Configuration Window	27
10.1.1	Testattavien laitteiden lukumäärä	28
10.1.2	Tekstikenttien täyttäminen ja muokkaaminen	29
10.1.3	Tietokannan luominen	29
10.1.4	Lokitiedoston kuvaus	30
10.2	Test Window	30
10.2.1	Monitor Window	32
10.2.2	Initialize Datalogger	33
10.2.3	Excel-makrot	34
10.2.4	Control Panel	36
10.2.5	Sample List	38
10.2.6	Automatic Trigger	41
10.3	Overvoltage test	43
11	Testaustietojen tallennus	43
11.1	Väliaikaiset tiedostot (Temporary Files, Temporary Files1)	44
12	Yhteenveto	45
	Lähteet	46
	Liitteet	47
	LIITE 1. Pääpiirin mitoituksia	47
	LIITE 2: Pääpiirin komponentit	49
	LIITE 3: Testaustilan OESA 200 erotus pääpiirin jänniteestä	50
	LIITE 4: ISU:n pääohjauskortti RDCU-02:n analoginen I/O-yksikkö	51
	LIITE 5: ISU:n pääohjauskortti RDCU-02:n digitaalinen I/O-yksikkö	52
	LIITE 6: Jännitteen- ja virranmittauskortti	53
	LIITE 7: Apujännitteiden käynnistys ja lämmittimien ohjaus	54
	LIITE 8: Testaustilan erotuksen ohjaukset	55
	LIITE 9: NCBS-61-korttien lähtöliitännän testaus	56
	LIITE 10: AMC-33-kortin valkuituliitännät	57
	LIITE 11: AMC-33-kortin digitaali I/O	58

LIITE 12: AMC-33-kortin analogia I/O	59
LIITE 13: Takometrin rajapinta järjestelmään	60
LIITE 14: Crowbar-moduuli 1:n liitäntä testilaitteeseen	61
LIITE 15: Crowbar-moduuli 2:n liitäntä testilaitteeseen	62
LIITE 16: Configuration Window –näköymän lähdekoodi.....	63
LIITE 17: Test Window –näköymän lähdekoodi.....	66
LIITE 18: Automatic trigger -näköymän lähdekoodi	88
LIITE 19: Taulukonluonti-makro	93
LIITE 20: Taulukonluonti1-makro	94
LIITE 21: Taulukonluonti2-makro	95
LIITE 22: Taulukonluonti3-makro	96
LIITE 23: Taulukonluonti4-makro	97

Lyhenne- ja symboliluettelo

AITF	Crowbar Main Circuit Interface Board. Crowbar-moduulin pääpiirin hallintarajapinta.
AMC-33	Application and Motor Controller Board. INU:n pääohjauskortti.
DDCS	Distributed Drives Communication System. Valokuituyhteyden käyttämä kommunikaatioprotokolla.
DriveDebug	Ohjelmisto taajuusmuuttajan käyttöön, ohjaamiseen ja monitorointiin.
Firmware	Laitteen toimintaa ohjaava pääohjelmisto.
Crowbar-moduuli	Epästabiileissa olosuhteissa käytetty verkon häiriösuoja. Aktiivi-Crowbar-moduuli stabiloi verkon toimintaa aktiivisesti. Pasiivi Crowbar-moduuli toimii vain ylijännitesuojana.
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor. Yksinkertaisesti hallittava transistori, yleisesti käytössä sähkökäytöissä.
INU	Inverter Supply Unit. Taajuusmuuttajan invertteriyksikkö.
ISU	IGBT Supply Unit. Taajuusmuuttajan tulosillan tasasuuntaaja.
NBPU-95C	DDCS-jakajayksikkö. Mahdollistaa yhteyden kyseistä protokollaa noudattaviin laitteisiin.
NCBC-61	Crowbar-moduulin jännitettä jakava kortti.
NIOC	Input/Output Board. AMC-33-ohjauskortin I/O-kortti.
NTAC	Pulse Encoder Interface Module. Pulssitakometrin mittausmoduuli.
NUIM	Voltage and Current Measurement Unit. Jännitteen virranmittauskortti.
RDCO	DDCS-kommunkaatiojakajayksikkö. Käytetään haaroittimena.
RDCU	ISU:n pääohjausyksikkö.
RXD	Tietoa vastaanottava kanava. Protokollariippumaton rajapinta.
PCMCIA	DDCS/PCMCIA-adapteri. Rajapinta taajuusmuuttajan kontrolloimiseen.
PPCS	Power Plate Communication System. Kommunikaatioprotokolla taajuusmuuttajan tehoasteen ohjaamiseen. Optinen linkki.
TXD	Tietoa lähettävä kanava. Protokollariippumaton rajapinta.

1 Johdanto

ABB Oy on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä. ABB:llä on viisi varsinaista divisioonaa: sähkövoimatuotteet, sähkövoimajärjestelmät, automaatiotuotteet, prosessiautomaatio ja robotit. Automaatiotuotteet-divisioonaan kuuluu Drives-yksikkö, joka on tämän insinööritoiminnan tilaaja. Drives-yksikkö kehittää ja valmistaa sähkökäyttöä teollisuuden tarpeisiin kuten paperikone-, metalli-, laiva- ja energiateollisuuteen.

Energiateollisuuden tarpeisiin valmistettuihin tuulimyllyjärjestelmiin liitetään ABB:n valmistama Crowbar-moduuli, jota käytetään suojana epänormaaleissa olosuhteissa, kuten yli- ja alijännitteessä tai oikosulussa. Insinööritoiminnan tehtävä on kehittää testilaitteisto Crowbar-moduulin testaamiselle. Aiemmin moduuleita on testattu hankalilla ja vaarallisillakin menetelmillä, jotka eivät sovellu tuotannon työntekijöille. Moduulin testaamisessa olennaista on myös sen toiminnallinen testi rasisajolla, mikä ei ole ollut aikaisemmin mahdollista.

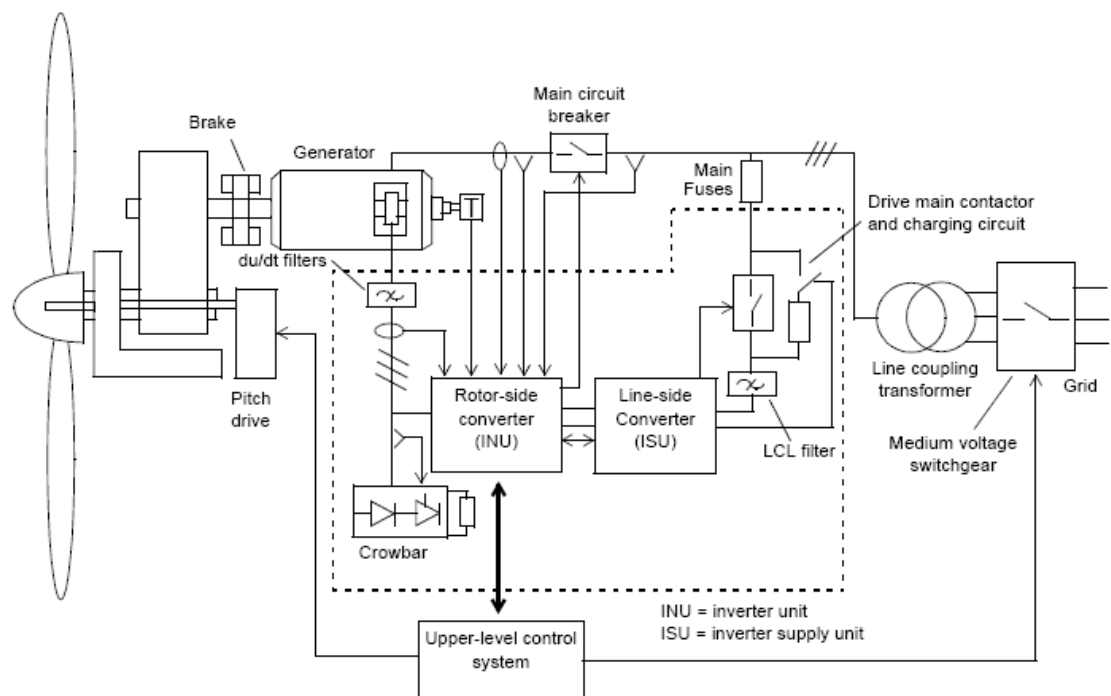
2 Tuulimyllyt ja Crowbar-moduuli

Seuraavassa kerrotaan pääpiirteittäin tuulimyllyjen toimintaperiaate ja siihen liittyvät komponentit, joita insinööritoiminta käsittelee.

2.1 Tuulimyllyjen toimintaperiaate ja pääkomponentit

Tuulimyllyjen tarkoitus on muuttaa lapojen liike-energia generaattorin avulla sähköenergiaksi. Jotta tämä olisi mahdollista, tarvitaan generaattorin roottoria syöttävä sähkökäyttö. Tämä sähkökäyttö muodostuu ISU (Line-side converter)- ja INU (Rotor-side converter) -yksiköistä. INU:n tarkoitus on säädellä roottorin nopeutta niin, että se pysyy optimaalisena tuulen laskiessa tai noustessa. Toisin sanoen jos tuuliolosuhteet heikkenevät, tarvitaan lisäenergiaa roottoriin, jotta staattorin jännite pysyy optimaalisella tasolla. Sähkökäyttö myös synkronisoi staattorin jännitteen niin, että se on mahdollista syöttää verkkoon. [1, s. 20.]

Kuvassa 1 on nähtävissä tuulimyllyn pääkomponentit.



Kuva 1. Tuulimyllyn pääkomponentit. [1, s. 20.]

2.2 Crowbar-moduuli osana järjestelmää

Crowbar-moduulia käytetään ylijännitesuojana verkon epänormaaleissa olosuhteissa. Tällaisia epänormaaleja tilanteita ovat yli- ja alijännite tai oikosulku. Tuulimyllyn käyttö voidaan varustaa aktiivi- tai passiivi-Crowbar-moduulilla sekä järjestelmään kuuluvalla suuritehoisella vastuksella.

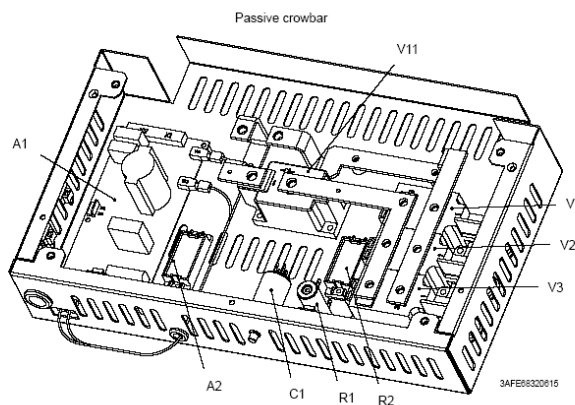
2.2.1 Passiivi-Crowbar-moduuli

Passiivi-Crowbar-moduuli ei kykene aktiivisesti tasapainottamaan verkon epästabiiliutta, vaan toimii ns. "hardware"-menetelmällä. Toiminta on toteutettu niin, että passiivisessa mallissa Crowbar-moduuli mittaa DC-jännitettä välipiiristä. Jos U_{DC} ylittää 1210 V, silloin Crowbar-moduulin diodi liipaisee ja roottorin energia johdetaan tehovastukselle. Tällöin käyttö erotetaan välittömästi verkon syötöstä. [1, s. 31.]

Kuvasta 2 selviää passiivi-Crowbar-moduulin rakenne. A1 on power-kortti, joka mittaa DC-jännitettä. Ylijännitetilanteessa se liipaisee diodin V11, jolloin roottorin tasasuunnattu energia johdetaan tehovastukseen. Tehovastuksen liitäntä on diodin V11 yläpuolella. Roottorin kolmivaihe-AC-liitäntä L1, L2, L3 kytketään tasasuuntaussillan kiskoihin V1, V2, V3. Näin ollen roottorin AC-jännite tasasuunnataan ennen liipaisudiodia V11. A2 toimii jänniteleikkurina. C1 ja R1 toimivat häiriön poistajina. R2 toimii purkausvastuksena. [1, s. 31.]

Useimmat tuulimyllykäytön komponentit kommunikoivat tuulimyllykäytön firmware-ohjelmiston kanssa valokuituväylää pitkin hyödyntäen DDCS- tai PPCS-protokollaa. Passiivi-Crowbar-moduuli ei kuitenkaan nimensä mukaisesti tee näin. Passiivi-Crowbar-moduulin laukaisu perustuu täysin DC-jännitteen mittaamiseen, eikä se saa ulkoisia referenssejä muilta järjestelmän laitteilta. [1, s. 31.]

Ainoastaan A1-kortilta lähtee signaali Crowbar-moduulin liipaisesta tuulimyllykäytön INU:n AMC-33-kortille. [1, s. 31.]

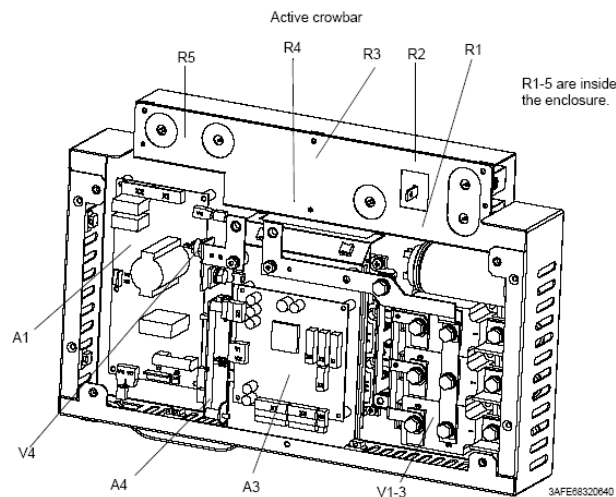


Kuva 2. Passiivi-Crowbar. [1, s. 31.]

2.2.2 Aktiivi-Crowbar-moduuli

Aktiivi-Crowbar-moduulia käytetään silloin, kun verkon epästabiiliudesta huolimatta tuulimyllykäyttö halutaan pitää verkkoon kytkettynä. Tuulimyllykäyttö stabilisoi verkon toimintaa muodostamalla kapasitiivista tehoa. Aktiivi-Crowbar-moduuli voidaan kytkeä päälle tai pois päältä riippuen verkon epästabiilista toiminnasta. Tämän ansiosta käyttöä ei tarvitse erottaa verkosta häiriöiden aikana, elleivät ne ole kestoaltaan liian pitkiä. Jos verkon häiriöt kestävät 3-5 s tai pidempään, on käyttö erotettava verkosta, ja se sammuu muodostaen vikailmoituksen. [1, s. 32.]

Kuvasta 3 selviää laitteen rakenne, roottorin kytkentä sekä tasasuuntaussilta V1, V2 ja V3. A3-kortti AITF:n alla on passiivi-Crowbar-moduulista poiketen IGB-transistori (IGBT). IGBT:n etu muihin transistoreihin verrattuna on sen korkea kytkentätaajuus ja hyvä hallittavuus. A4 on jännitteenmittauskortti. R1-5-vastukset on kytketty tasasuuntaussillan V1-3 ja IGBT:n rinnalle kondensaattorin C1 kanssa. Vastukset ja kondensaattori tasapainottavat sillan ja IGBT:n toimintaa Crowbar-moduulin ollessa aktiivinen. [1, s. 32.]



Kuva 3. Aktiivi Crowbar. [1, s. 32.]

3 Testilaitteiston tarve

Tarve Crowbar-testilaitteistolle oli ilmeinen, koska Crowbar-moduuleissa oli ilmennyt selittämättömiä ongelmia. Koska pienestäkin viasta voi seurata myös laitteiston muiden osien rikkoutuminen, johtavat tällaiset ongelmat yleensä koko laitteiston tuhoutumiseen. Tämä tuo lisäkustannuksia valmistajalle.

Testilaitteiston ei ole tarkoitus selvittää näiden ongelmien syytä. Tarkoitus on vähentää heikkouksia komponenteissa.

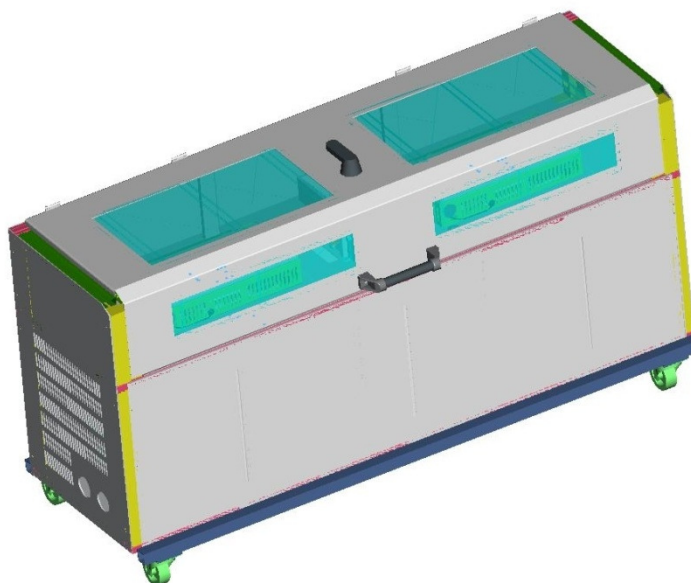
Tällä hetkellä Crowbar-moduulit testataan ns. toiminnallisella testillä. Koestaja tarkistaa, että kaikki johdot on oikein kytketty, ottaa eristysvastus- sekä jännitekokeet, sekä testaa toiminnallisesti, että kaikki mittaukset toimivat ja IGBT saadaan liipaistua. Tämä testimenetelmä olemassa olevalla testilaitteistolla ei mahdollista pidempiaikaista rasitusajoa, jolla voitaisiin paremmin varmistaa Crowbar-moduulien kestävyys rasituksessa.

Koska tällä hetkellä Crowbar-moduulit valmistetaan ja testataan fyysisesti eri yksiköissä, olisi käytännöllisempää, jos testilaitteisto voitaisiin sijoittaa tulevaisuudessa valmistavaan yksikköön. Tällöin välttyttäisiin turhalta edestakaiselta liikuttamiselta yksiköiden välillä. Nykyinen testilaitteisto ei ole riittävän turvallinen sijoitettavaksi valmistusyksikköön.

4 Crowbar-testilaitteiston suunnittelu

Nykyisessä toiminnallisessa testauksessa ei ole rasitusajon puutteen lisäksi muita merkittäviä ongelmia. Näin ollen toimintatapaa ei ole järkevää muuttaa merkittävästi. Nykyinen testausohjelmisto DriveDebug on varsin pitkälle suunniteltu ohjelmisto ABB-tuotteille, ja sillä voidaan kommunikoida firmware-ohjelmiston kanssa. Tällä ohjelmalla voidaan suorittaa tarvittavat asetukset laitteistolle. Ohjelma soveltuu erittäin hyvin suunnitteluorganisaation tarpeisiin datalogger- ja trend-ominaisuuksiensa ansiosta.

Kuvassa 4 on nähtävissä Crowbar-testilaitteiston hahmotelma.



Kuva 4. Crowbar-testilaitteisto.

4.1 DriveDebug-ohjelmisto osana testilaitteiston käyttöliittymää

Teknisiltä ominaisuuksiltaan DriveDebug olisi ollut hyvä vaihtoehto testilaitteiston käyttöliittymäksi, mutta mietittäessä muita tarpeellisia ominaisuuksia, kuten tiedostojen hallintaa ja yleisen testirutiinin ylläpitoa käyttäjän kannalta, se osoitautui melko kömpelöksi.

Testattaessa DriveDebug-ohjelmiston makro-ominaisuutta kävi ilmi, että jatkuvien mittausten monitorointi samanaikaisesti makroa suorittaessa ei ollut mahdollista. Näin ollen juuri nämä tärkeimmät DriveDebug-ohjelmiston toiminnot eivät ole käytettävissä makroa suoritettaessa.

DriveDebug-makrot olisivat olleet tärkeitä Crowbar-moduulin Manual trig - ominaisuuden käytössä. Manual trig on tuulimyllykäytön firmware-ohjelmiston parametri, jolla saadaan aikaan aktiivi-Crowbar-moduulin IGBT:n liipaisu manuaalisesti. Jotta saataisiin aikaan sykli, jossa kyseistä parametria (146.38 Manual Trigger) kirjoitettaisiin firmware-ohjelmaan $n+1$ kertaa, olisi makrojen käyttö ollut välttämätöntä. [2, s.105.]

4.2 DriveDebug-funktiot osana testilaitteiston käyttöliittymää

DriveDebug-ohjelmisto sisältää funktioita, joiden avulla ohjelmisto kommunikoi laitteiston kanssa. DriveDebug-ohjelmiston manuaalissa ”DriveDebug Functions for Visual Basic” kerrotaan, miten sähkökäyttöjen firmware-ohjelmiston kanssa kommunikoidaan. Tästä syystä testilaitteiston käyttöliittymä toteutettiin Visual Basic -ohjelmointikielellä. Firmware-ohjelmistona käytetään AJXC201X-nimistä ohjelmistoa, jota käytetään myös Wind Turbine Drives -sovelluksissa INU-yksiköiden ohjaukseen. [3, s. 1]

4.3 Mekaaninen suunnittelu osana turvallisuutta

Crowbar-testilaitteiston mekaniikan suunnittelussa oli apuna ABB:ltä Heidi Sederholm. Hän avusti projektissa mekaniikan suunnittelussa ja toteutuksessa sekä toimi yhteyshenkilönä ABB:n alihankkijoille, joilta tarvittavat mekaniikka-osat tilattiin.

Mekaniikan suunnittelun lähtökohtana noudatettiin seuraavia standardeja: SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset, SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus sekä SFS-EN 50191 Sähköisten testauslaitteistoiden asennus ja käyttö.

Standardin SFS-EN 50191 mukaan on kosketussuojauksen taattava vähintään standardin EN 60529 mukainen kotelointiluokka IP3X, mikä tarkoittaa, että kooltaan vähintään 2,5 mm esineiden sisään tunkeutuminen on oltava estetty. Tästä syystä kaikki testilaitteiston ilmankiertoon tarkoitetut aukot tulee suojata erillisellä messinkiverkolla. [7.]

Testauslaitteisto pitää varustaa automaattisella kosketussuojauksella, jolloin käyttäjä voi olla standardin SFS-EN 50191 mukainen opastettu henkilö. Muissa tilanteissa testaus on suoritettava ammattihenkilön valvonnassa.[7.] Automaattisen kosketussuojauksen johdosta jännitteiden kytkentä ei ole mahdollista kannen ollessa avoinna. Toisin sanoen kannen avauksen tulee sammuttaa testaus-tilan jännitteet automaattisesti. Kohdassa 8.2.6 selvitetään tarkemmin automaattisen kosketussuojauksen toimintaperiaatetta.

4.4 Sähköisten kojeiden sijoittelu testilaitteessa

Yksi testilaitteen tavoitteista oli useamman testilaitteen yhtäaikainen testaus. Crowbar-moduuli on hankala kytkeä järjestelmiin. Ainoa järkevä vaihtoehto Crowbar-moduulin sijoittamiseksi testilaitteistoon on esitetty kuvassa 5.

Järjestelmän käyttäjä joutuu kytkemään Crowbar-testilaitteistoon alla seuraavalla tavalla. Ensin Crowbar-testilaitteiston kansi irrotetaan, jotta Crowbar-vastuksen ja INU:n lähdön kytkentä ylipäättään on mahdollista. INU:n kaapelit tulevat Crowbar-moduulin kääntöpuolelta olevista läpivienneistä tasasuuntaussillan kiskoihin pulttiliitännällä. Läpivienti on niin ahdas, ettei kynsiliittimien käyttö ole mahdollista. Myös kiskon liitântäpinta-ala on hyvin pieni. Hauenleukaliitin olisi ollut mahdollinen ratkaisu, mutta liian epävarma turvallisen kytkennän kannalta. Jos hauenleuka irtoaisi testauksen aikana, saattaisi se aiheuttaa maasulun. Koska varsinainen testaus suoritetaan Crowbar-moduulin kannen ollessa paikallaan, olisi ollut hyvin todennäköistä, että hauenleukaliitin ei edes mahtuisi kannen ja Crowbar-moduulin elektroniikan väliin.

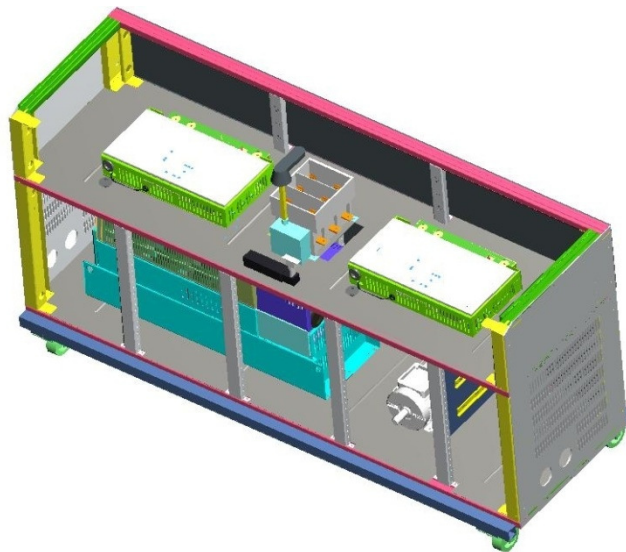
Crowbar-vastuksen kytkentä on helpompi suorittaa, koska kiskot jäävät suljetun koneiston ulkopuolelle. Tässä kytkennässä pikaliitoksen käyttäminen on mahdollista, mutta turhaa, koska ruuvikiinnitys ei vie kovin paljon aikaa.

Crowbar-moduulin ohjauskorttien käyttöjännite kytketään suoraan taajuusmuuttajan välipiiristä A1-kortille ja A2-jänniteleikkurille. Keinoja liitännän helpottamiseksi ei juuri ole, koska kannen avaus on pakollinen ja Crowbar-moduulin kojeet määräävät liitântätyypin.

Kuvasta 5 voidaan todeta Crowbar-moduulien sijoittelu testilaitteessa. Niiden välissä on erotin FF1. FF2-erotin puuttuu kuvasta, mutta todellisuudessa erottimet olisivat vierekkäin. FF- ja FF2-erottimia yhdistää kojeisto, joka mahdollistaa erottimien yhdenaikaisen toiminnan. Yhdellä kahvalla voidaan ohjata kahta erotinta. Kuvasta puuttuu myös erottimien lukitusolenoidit FL1 ja FL2. Näiden avulla voidaan estää erottimien sulkeminen ja avaaminen. FF1- ja FF2-

erottimien kahvan mekaniikka estää avautumisen silloin, kun testaustila on jännitteellinen. Tällöin erottimet ovat kiinni. FL1- ja FL2-erottimet estävät taas erottimen sulkemisen silloin kun kansi on avoinna.

Standardissa SFS-EN 50191 on maininta, että testaustilan erotuksen ohittaminen ei saa olla helposti mahdollista [7]. Sanamuoto on hyvin tulkinnanvarainen. FF1- ja FF2-erottimien kahvassa on kuitenkin olemassa piilotettu mekaaninen nappi, jonka avulla mekaanisen lukituksen voi ohittaa. Koska lähes koko ABB:n tehtaalla toimiva henkilöstö tuntee tämän ominaisuuden, on testilaitteeseen sijoitettu vielä varmuudeksi lukko FL3, joka varmuudella lukitsee testaustilan kannen testaustilan ollessa jännitteinen.



Kuva 5. Crowbar-testilaitteisto ilman kantta.

4.5 Taajuusmuuttajan valinta Crowbar-testilaitteistoon

Taajuusmuuttajaksi valittiin ACS800-31-100-7. Valintaan vaikutti merkittävästi se, että testilaitteistoon haluttiin Crowbar:n testijännitteeksi 690 V. Tämä 100

kW:n käyttö taas oli pienin teholuokaltaan 690 Vac:n tuoteperheessä, joten valinta oli ilmeinen.

4.6 Oikosulkumoottori testilaitteistoon

Paras mahdollinen vaihtoehto kuormakoneeksi olisi ollut generaattori, kuten tyypillisissä tuulimyllysovelluksissa on tapana olla. Generaattoreiden fyysinen koko oli kuitenkin liian suuri sijoitettavaksi testilaitteistoon, joten tämä vaihtoehto hylättiin.

Koska lisäkuorman tarve taajuusmuuttajan lähtöön oli ilmeinen, päätettiin testilaitteistoon sijoittaa normaali oikosulkumoottori. Kyseinen moottori oli teholuokaltaan 20 kW ja fyysiseltä kokoluokaltaan varsin kompakti testilaitteistoon. Tyhjäkäynnillä näin pienitehoinen moottori ei saa aikaiseksi kovin isoja virtoja. Tärkeämpää testilaitteistolle oli kuitenkin 690 Vac:n lähtöjännite.

5 Firmware-ohjelmisto AJXC201 osana testilaitteistoa

AJXC20-invertteriyksikön firmware-ohjelmisto on suunniteltu tuuliturbiinisovelluksiin. Näin ollen ohjelmisto on suunniteltu generaattoreille, ei oikosulkumootto-reille.

Tuotekehityksen avustuksella saatiin kuitenkin selville, että AJXC201-ohjelmiston avulla olisi mahdollista saada järjestelmä toimimaan oikosulkumoottorilla. Oli hyvin tärkeää Crowbar-testilaitteiston kannalta, että INU saataisiin moduloimaan ja sen lähtöjännite olisi 690 Vac.

6 NUIM-61-jännitemittaus

NUIM-61-mittauskorttia käytetään tuulimyllysovelluksissa mittaamaan roottorin sekä staattorin jännitettä ja virtaa. Tuulimyllysovelluksissa staattorin jännite pyritään pitämään syöttävän verkon tasolla 690 Vac, jolloin staattorin jännite on tahdistettavissa virtamittauksien avulla syöttävään verkkoon. [6.]

Crowbar-testilaitteistossa tämä tarkoittaa sitä, että staattorin mittaus sijoitetaan ISU:n tulokiskoihin. Tässä tapauksessa staattorin kuvitteellinen jännite on 690 Vac ja näin testilaitteiston INU:n jännite on n. 690 Vac. [6.]

Tällä periaatteella saatiin INU moduloimaan. Moottori tosin ei pyörinyt nimellisellä nopeudella vaan lähinnä täräsi. Vuo lienee hyvin erilainen generaattorilla kuin oikosulkumoottorilla. [6.]

7 Testilaitteiston jako soluihin

Crowbar-testilaitteisto on jaettu soluihin, jotka kuvaavat kojeiden sijoittelua. Solu 1 sisältää pääpiirin komponentteja, kuten taajuusmuuttajan ja moottorin. Tämän solun kojeita ei ole tarpeellista erottaa jännitteistä, koska kojeet ovat laitteiston sisällä. Solu 2 on testaustilan solu. Nämä kojeet on täysin erotettu jännitteestä silloin, kun testaustilan kansi on avoinna. Solu 3 on tarkoitettu ohjauskojeille kuten releille ja optiomoduuleille. Solu 4 on varattu testilaitteiston etupaneelia varten.

8 Pääpiirisuunnittelu

8.1 Mitoituksia

Liitteessä 1 on laskettu oikosulkuvirta taajuusmuuttajalle. Laskussa oletetaan että kaksi prosenttia L1-vaiheen kuristimesta ja yksi prosentti L2-vaiheen kuristimesta on kyllästynyt.

Kaavaa 1 ja 2 hyödyntäen on laskettu oikosulkuvirta muuntajan T1 suojaamiseksi. [8.]

$$Z_{k\ 10\%} = 0,1 \times \frac{U^2}{S_N} \quad (1)$$

$$I_k = \frac{U}{(Z + Z_{k\ 10\%})} \quad (2)$$

$Z_{k\ 10\%}$ on muuntajan T1 oikosulkuinpedanssi.

Z on taajuusmuuttajan impedanssi

U on verkon syöttöjännite

S_N on muuntajan nimellisteho

I_k on oikosulkuvirta muuntajan T1 toisiole ja taajuusmuuttajalle

8.2 Piirikaaviot

Seuraavassa on selvitetty piirikaaviot sivukohtaisesti. Piirikaaviot ovat nähtävissä liitteinä. Piirikaavion suunnittelussa apuna on käytetty Timo Pajalan suunnittelemaa piirikaavioita, joihin on tehty työn edellyttämiä muutoksia. [7.]

8.2.1 Pääpiirin komponentit

Jotta testilaitteiston joustava siirreltävyys olisi mahdollista, sijoitettiin taajuusmuuttajaa syöttävään piiriin jännitteennostomuuntaja. 690 Vac jännitteenä ei ole kovin yleinen tehtaalla, mutta 400 Vac löytyy lähes joka paikasta. Muuntajan ensiö- ja toisiopiiriä suojaamaan sijoitettiin moottorisuojakytkimet tyypiltään MS325 6-9A. Näiden tyypiltään MS-325 kytkimien etuna on, että niiden ominaisuuksiin kuuluu terminen laukaisu.

Pääpiirin 400-690 Vac kaikki johdot johdotetaan 4 mm² kumikaapelilla lukuun ottamatta NUIM-61-mittauksen johdotusta. Kumikaapelin etuna on, ettei tarvitse

asentaa testilaitteiston sisälle erillisiä reitityksiä pääpiirin johdotukselle. Pelkät johdinankkurit riittävät.

Moottorin manuaalin mukaan tulisi lähtöön kytkeä DU/DT-suodin, mutta mielestäni tämä ei ole tarpeellista, koska moottoria käytetään tyhjäkäynnillä. Suodin on kuitenkin lisätty piirikaavioon. Liite 2.

8.2.2 Testaustilan OESA 200 erotus pääpiirin jännitteestä

Piirikaavion sivulla 2 on kaksi kappaletta OESA 200 -erottimia. FF1- ja FF2-erottimet erottavat testattavat Crowbar-moduulit INU:n jännitteestä 690 Vac. FF2 toimii erottimena DC-jännitteelle, joka toimii Crowbar-moduulin ohjauskorttien jännitelähteenä. Koska FF1- ja FF2-erottimet sijaitsevat solussa 2, tulee niiden navat kosketussuojata huolellisesti. FL1 ja FL2 ovat lukitussolenoideja. Liite 3.

8.2.3 ISU:n pääohjauskortti RDCU-02:n analoginen ja digitaalinen I/O-yksikkö

A43 RDCU-02 on taajuusmuuttajan ISU-yksikön pääohjauskortti. Tämä kortti on integroitu taajuusmuuttajan sisään. Tavallisesti se saa käyttöjännitteet yksikön GINT-kortilta, mutta testilaitteistossa A43-kortti saa käyttöjännitteen ulkoisesti. Tämä mahdollistaa sen, että vaikka taajuusmuuttajan välipiiri ei ole jännitteinen, saadaan ohjauskortille silti jännitteet. Kontaktori K1 on myös integroitu taajuusmuuttajan sisään. Sen tehtävä on erottaa tulosilta jännitteistä. Liitteet 4 ja 5.

8.2.4 Jännitteen- ja virranmittauskortti

Piirikaavion sivulla 5 liitteessä 6 on mittauskortti A45 NUIM-61. Tämä jännitteenmittauskortti tarvitsee toimiakseen 24 Vdc ja ± 15 Vdc. Liite 6.

8.2.5 Apujännitteiden käynnistys ja lämmittimien ohjaus

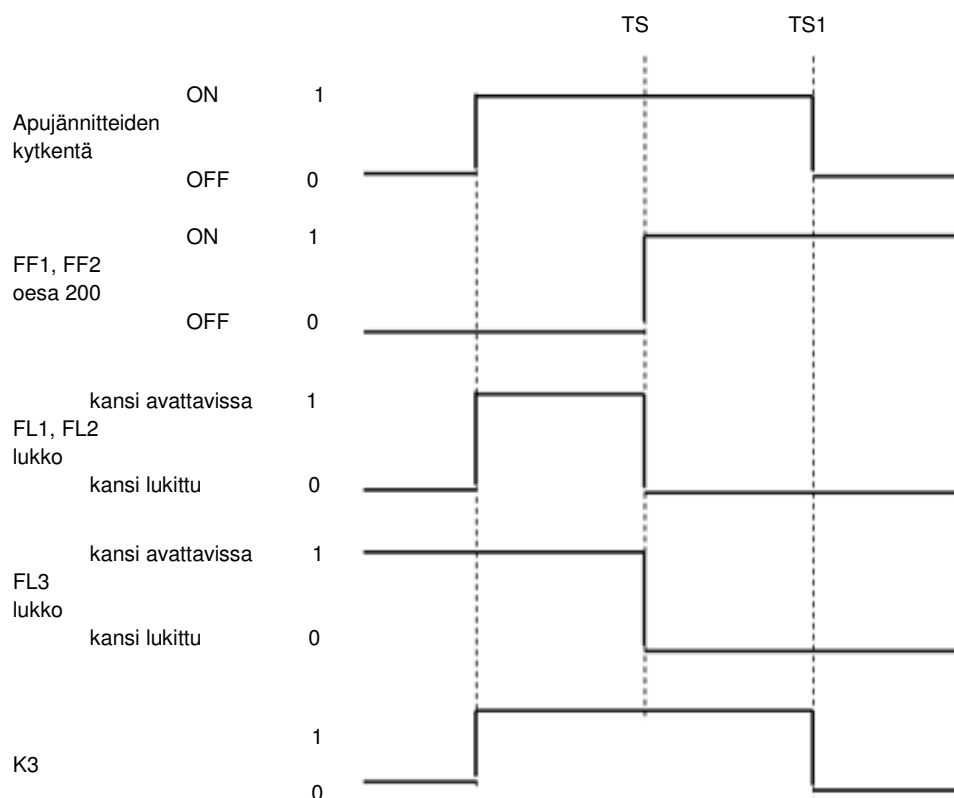
Piirikaavion sivulla 10 liitteessä 7 on kaksi automaattivaroketta F11 S202-k6 ja F12 S202-k8. F11-varoke toimii jännitelähteiden U10 ja U11 automaattivarokkeena. U10 syöttää 24 Vdc kojeita, kuten A41 AMC-33C, A43 RMIO-02, A419 NTAC-02. U11 toimii NUIM-61-mittakortin jännitelähteenä. S11-kytkin on kolme-toiminen. Yhdessä K8-releen kanssa se muodostaa pitopiirin, jolla voidaan kytkeä Crowbar-testilaitteiston ohjausjännitteet päälle ja pois päältä.

F12-automaattivaroke toimii suojana testaustilan solun 2 lämmittimille E11 ja E12. Lämmittimet ovat yhteisteholtaan n. 1000 W. A43 AMC-33-kortin avulla voidaan ohjata lämmittimet päälle. Toivottu lämpötila on valittavissa, jolloin säädin pyrkii automaattisesti pitämään halutun lämpötilan. F11-piirin kaikki johtimet ovat 1,5 mm². F12-piirin kaikki johtimet 2,5 mm², paitsi kontaktorin K7 kelajohdotimet 1 mm². Liite 7.

8.2.6 Testaustilan erotuksen ohjaukset

Kuva 6 kuvaa tilannetta, jossa FF1- ja FF2-erottimet ovat kytkettynä OFF-asentoon. Tällöin testaustila on erotettu vaarallisesta jännitteestä. Hetkellä TS FF1 ja FF2 kytketään ON-asentoon, jolloin testaustila on jännitteellinen. FL3 toimii varmistuksena FL1:n ja FL2:n lukitukselle, koska OESA:n lukitus on ohi-tettavissa varsin helposti tahallisin keinoin. Kontaktori K3 katkaisee laitteiston syöttöjännitteen, jos apujännitteet tulevat alas. Hetkellä TS1 tapahtuu kuvitteellinen toimintahäiriö apujännitepiirissä.

S1 ja S2 ovat rajakytkimiä, jotka estävät kontaktorin K3 sulkeutumisen, jos kan-
si on avoinna. Rajakytkimet eivät estä apujännitteiden kytkentää, eikä se ole tarpeellista, koska yksikään kojeista ei ole nimellisjännitteeltään suurempi kuin 24 Vdc. Piirikaavion sivulla 11 kaikki johtimet ovat 1,5 mm². Liite 8.



Kuva 6. Toimintakaavio testaustilan erotukseen.

8.2.7 NCBC-61-korttien lähtöliitännän testaus

Piirikaavion sivulla 12 liitteessä 9 on testattavien Crowbar-moduulien U6:1 ja U6:2 NCBC-61-korttien tilatietojen testauspiiri. NCBC-61-kortti saa käyttöjännitteet suoraan taajuusmuuttajan välipiiristä. Kortti aktivoituu, kun DC-jännite ylittää n. 150 V. Tällöin relelähdt K1 ja K2 sulkeutuvat ja kertovat tilatiedon A42 NIOC-01C kortin digitaalituloon. Näin ollen AMC-33-kortti saa tiedon, että Crowbar on aktiivinen.

NCBC-61-kortti toimii myös ylijännitevahtina. DC-ylijänniteraja on määriteltävissä AJXC-201-firmware-ohjelmistossa. Ylijännitelaukaisussa vastaavasti relelähdt aukeavat. Tällöin taajuusmuuttajan lähdön energia liipaistaan IGBT:n avulla Crowbar-vastukseen.

Merkkivalot X1-8 on sijoitettu soluun 4, ja ne kertovat, jos yksikin relelähtö on viallinen. Jos tämä signaali on katkennut jostakin kohtaa, ei taajuusmuuttaja käynnisty. Valojen avulla voidaan helposti selvittää viallinen relelähtö. Liite 9.

8.2.8 AMC-33-kortin valokuituliitännät, digitaalinen I/O-yksikkö ja analoginen I/O-yksikkö

Piirikaavion sivulla 17 liitteessä 10 ovat kortit A415 NDBU-95C ja A41 AMC-33C. A415-kortti toimii DDCS-protokollan jakajayksikkönä ja rajapintana PCMCIA:n välityksellä tietokoneeseen.

A41-kortti toimii taajuusmuuttajan INU:n ohjauskorttina. Tässä yksikössä on INU:n firmware-ohjelmisto. Kuituliitännöistä kerrotaan lisää luvussa 9 ja ne näkyvät kuvassa 7.

Piirikaavion sivuilla 17 ja 18 liitteissä 10 ja 11 on kortti A42 NIOC-01C. Tämä kortti toimii I/O-korttina järjestelmässä. Kortista löytyy 6 kappaletta digitaalituloja ja 3 kappaletta digitaaliähtöjä. Digitaalituloista ovat käytössä DI1 ja DI5. DI5 kertoo Crowbar-moduulin tilan ja DI1 toimii Hätä-seis-signaalina. Hätä-seis painike sijaitsee solussa 4. Digitaaliähdöistä käytössä on R01, joka ohjaa Solun 2 lämmitystä.

Sivulla 18 on kolme analogiatuloa ja kaksi analogialähtöä. Testaustilan lämpötilan mittausta tehdään PT-100-anturin avulla. PT-100-mittaus toimii referenssinä digitaaliähdön R01 toiminnalle. Liitteet 10, 11 ja 12.

8.2.9 Takometrin rajapinta järjestelmään

Piirikaavion sivulla 21 on A419 NTAC-02 -moduuli. Tämä yksikkö on laitettu Crowbar-testilaitteistoon siltä varalta, että joskus tulevaisuudessa moottori saadaan pyörimään. Moduuli mahdollistaa moottorin pyörimisnopeuden ja suunnan. Takometrin hankinta moottoriin on pakollista, jos optiota joskus käytetään. Liite 13.

8.2.10 Crowbar-moduulien 1 ja 2 liitännät testilaitteeseen

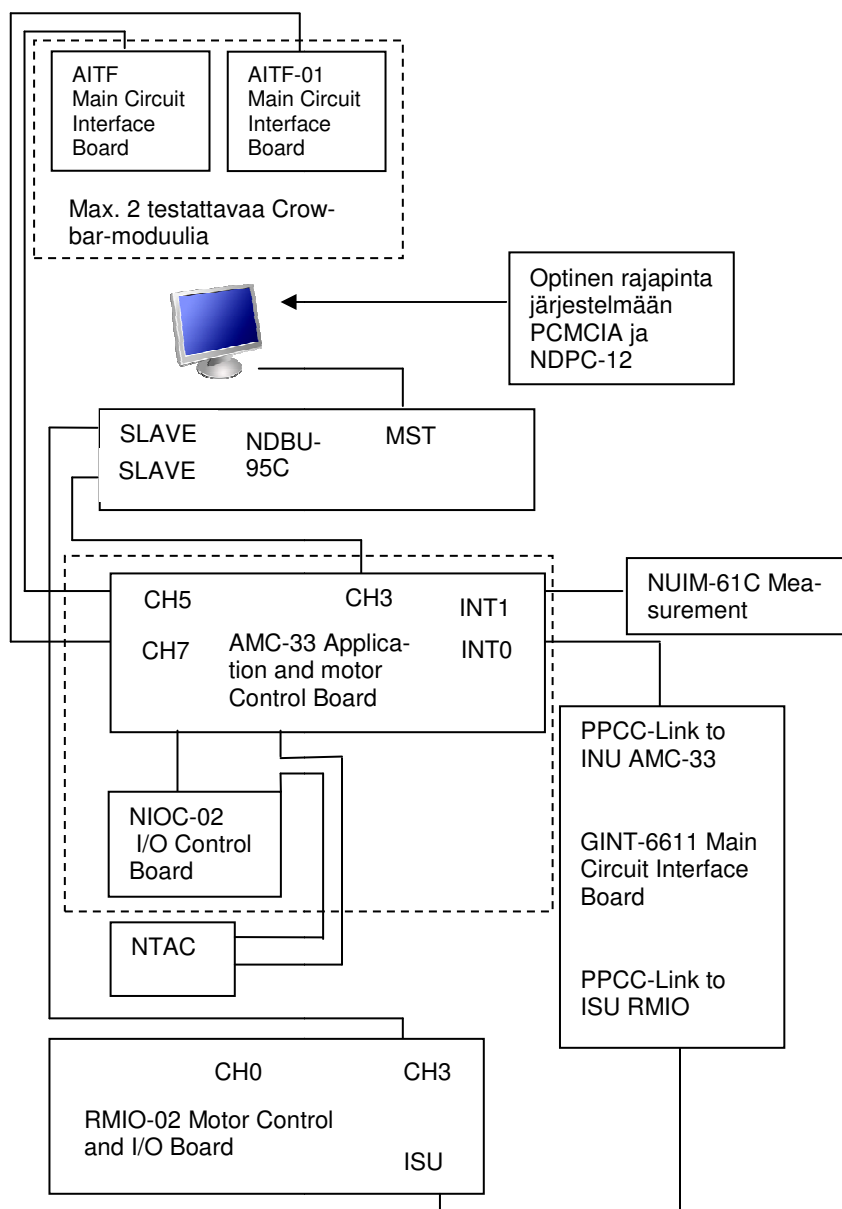
Piirikaavion sivuilla 22 ja 23 on testattavat Crowbar-yksiköt. Kaaviossa on alkuperäinen Crowbar-moduulin piirikaavio. Liitteet 14 ja 15.

9 Crowbar-testilaitteiston topologia

Kuva 7 kuvaa järjestelmän kommunikaatiokytkentää. Kuvassa näkyvät kojeet kommunikoivat keskenään valokuitulinkkien avulla hyödyntäen DDCS- ja PPCS-protokollia.

Kuvan valokuidut ovat parikuituja. Toinen kuiduista toimii lähettävänä (TXD) ja toinen vastaanottavana (RXD). Väylien fyysinen topologia on rengas. Kojet AMC-33, NIOC-02 ja NTAC kommunikoivat keskenään silmukaväylän avulla.

[1.]



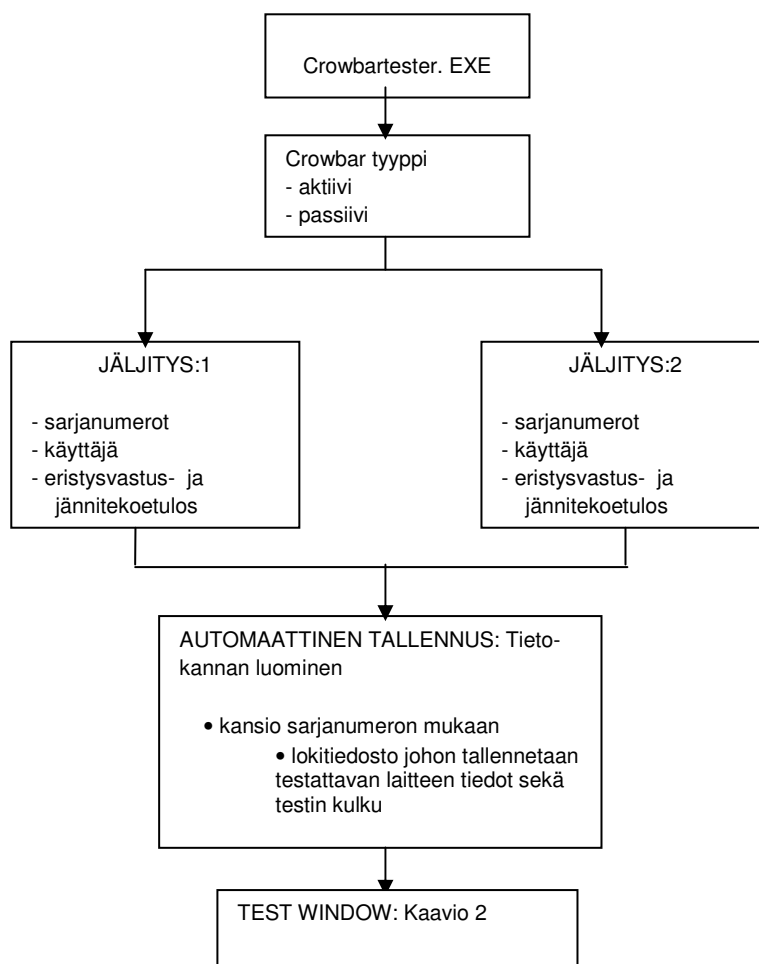
Kuva 7. Testilaitteiston topologia. [1.]

10 Crowbar-testilaitteiston käyttöliittymä

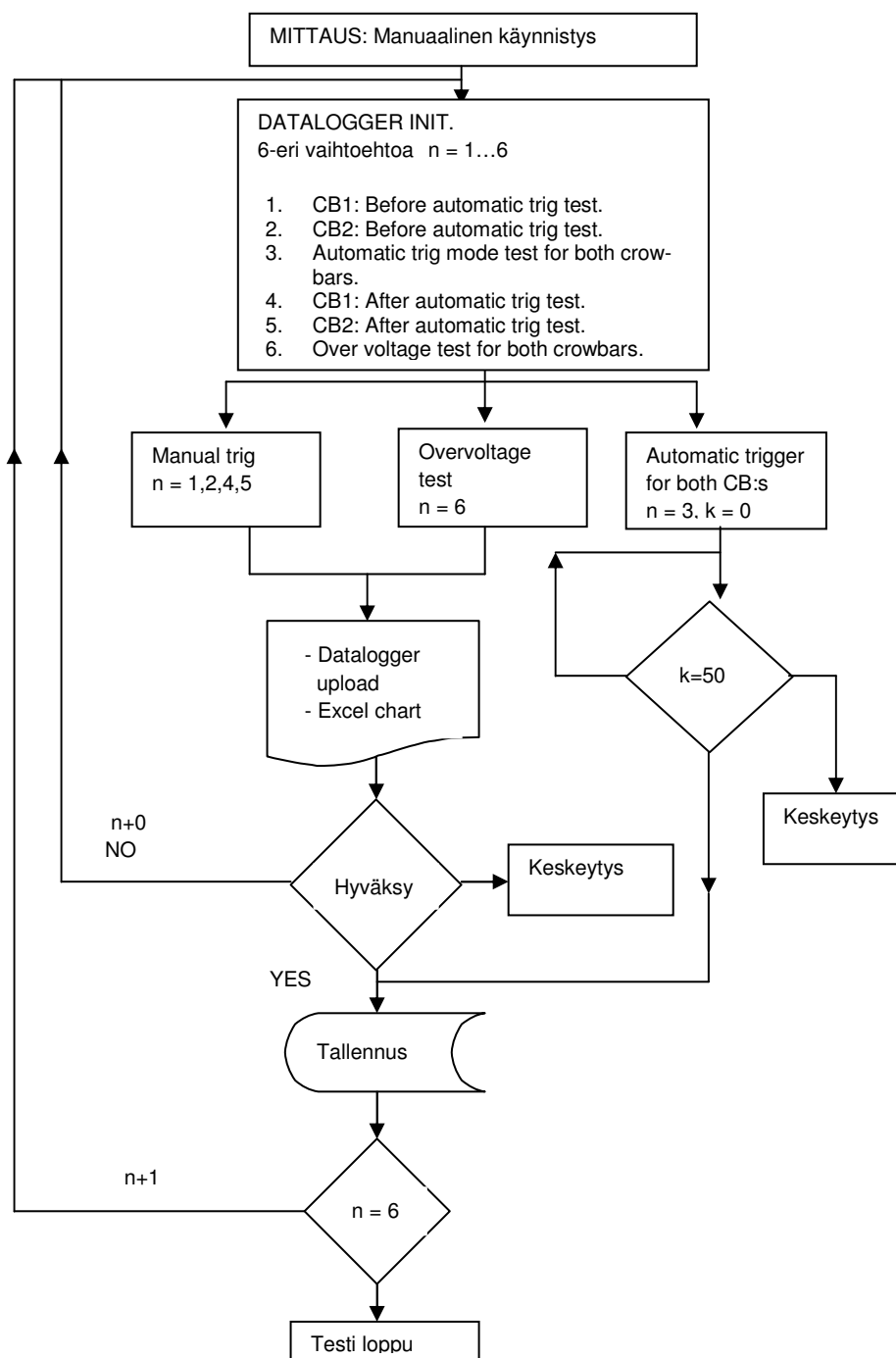
Seuraavassa kappaleessa selvitetään Crowbar-testilaitteistoa varten suunnittelun käyttöliittymän toimintaa. Käyttöliittymän suunnittelussa on käytetty Visual Basic -ohjelmointikieltä.

Kaaviot 1 ja 2 havainnollistavat ohjelman suorituksen eri vaiheita.

Kappaleessa 10 olevat kuvat ovat todellisista testaustilanteista laitteistoa testattaessa.



Kaavio 1. Toimintakaavio Crowbar-testaukselle



Kaavio 2 . Crowbar-testauksen Test Window –käyttöliittymän toimintakaavio.

10.1 Configuration Window

Crowbar.exe-ohjelmiston käynnistytessä ensimmäinen näkymä on *Configuration Window*, kuva 8. Käyttäjä valitsee testattavan laitteen tyytin, vaihtoehtoina

Passive crowbar tai *Active crowbar*, ja täyttää tyhjänä olevat tekstikentät. Painamalla *Next*-painiketta tallentuvat tarvittavat tiedot tietokantaan ja uusi näkymä *Test Window* avautuu. *Exit*-painiketta painamalla sulkeutuu koko ohjelmisto.

Configuration Window -näkymän lähdekoodi on nähtävissä liitteessä 16.

Form6

CONFIGURATION WINDOW :

Crowbar type

Active crowbar ☒

Passive crowbar ☐

Delete files ☐

User ID : 10371

Crowbar 1 serialnumber: 1234

Eristevastuskoe : 100

Jännitekoe : 200

Crowbar 2 serialnumber: 5678

Eristevastuskoe : 300

Jännitekoe : 400

NEXT EXIT

Kuva 8. Configuration Window -näkymä.

10.1.1 Testattavien laitteiden lukumäärä

Jos testattavia laitteita on kaksi, käyttäjä täyttää kaikki tekstikentät. Jos testattavia laitteita on vain yksi, jätetään *Crowbar 2 serialnumber* -kenttä ja sen alapuolella olevat kentät tyhjiksi. Ohjelmisto ymmärtää tyhjän kentän niin, ettei testattavia laitteita ole enempää kuin yksi.

10.1.2 Tekstikenttien täyttäminen ja muokkaaminen

On äärimmäisen tärkeää, että käyttäjä valitsee testattavan laitteen tyyppin oikein, sillä *Configuration Window* -näkyssä luodaan tietokannan pohja tulevaa testausta varten. Jos testaus keskeytyy käyttäjän virheen tai testattavan laitteen toimintahäiriön takia, tulee vanhat tiedot poistaa tietokannasta.

Tietojen poiston voi suorittaa aktivoimalla *Delete Files* -valinnan ja kirjoittamalla sen laitteen sarjanumeron *Crowbar 1 serialnumber* -kenttään, jonka haluaa poistaa tietokannasta. Tiedot voi poistaa myös tuhoamalla tietokannasta manuaalisesti kyseisen tiedoston.

10.1.3 Tietokannan luominen

Kuvassa 8 on määritelty kuvitteellinen tilanne, jossa *Crowbar type* -kohtaan on valittu *Active crowbar* ja tekstikentät on täytetty mielivaltaisilla numeroilla. Kun käyttäjä painaa *Next*-painiketta, muodostuu tietokanta seuraavasti:

U:\Program Files\Crowbar Tester\Tested Crowbars\Active Crowbars\1234, 5678\loki.txt.

Ohjelmisto luo automaattisesti kansion, jonka nimi on testattavan laitteen sarjanumero. Se myös tarkistaa, onko kyseisellä sarjanumerolla oleva kansio jo olemassa. Jos laite on jo testattu tai testaus on jäänyt kesken esimerkiksi komponenttivian takia, ilmoittaa ohjelmisto seuraavan virheilmoituksen riippuen siitä, kumpi laitteista on kyseessä:

“Crowbar 1. serialnumber 1234 is already tested.”

“Crowbar 2. serialnumber 5678 is already tested.”

Tämän toiminnon avulla varmistetaan, ettei testattavia laitteita vahingossa testata useampaan kertaan. Ohjelmisto ei myöskään hyväksy samoja sarjanumeroita Crowbar 1:lle ja Crowbar 2:lle. Jos näin kuitenkin on tapahtumassa, ilmoittaa ohjelmisto virheilmoituksen: *“Serialnumbers cannot be equal”*.

Tässä tapauksessa 1234 ja 5678 kansioita ei ollut olemassa, joten kansioiden luominen sallittiin.

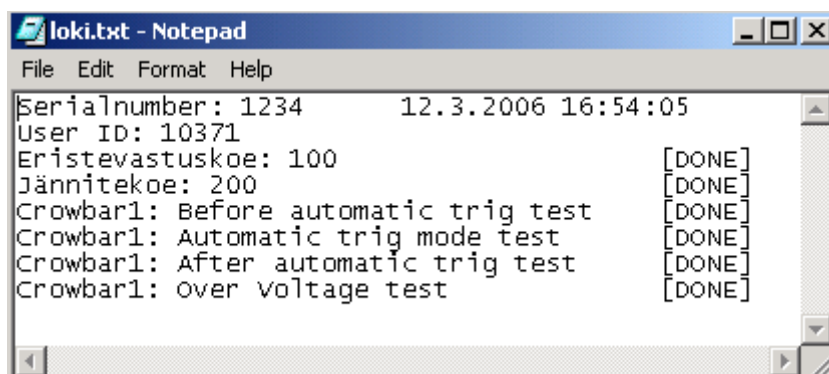
Sarjanumero-kansioiden alle luodaan vielä tekstitiedosto loki.txt, jonne tallennetaan testattavan laitteen tiedot onnistuneesta testauksesta. Näin ollen Crowbar Tester -ohjelmiston käyttäjän ei tarvitse huolehtia testaustietojen tallentamisesta, vaan ohjelmisto suorittaa sen automaattisesti. Loki.txt-tiedostosta voidaan tarkistaa, onko kaikki testausvaiheet varmasti käyty läpi ja onko kyseistä laitetta testattu ollenkaan.

10.1.4 Lokitiedoston kuvaus

Loki.txt-tiedostoon tallentuu käyttäjän hyväksymät tiedot testin etenemisestä sekä testattavan laitteen sarjanumero, eristevastus- ja jännitekoetulokset sekä testaajan tunnistetieto. Päivämäärä ja aika muodostuvat siitä hetkestä, jolloin testaus aloitettiin. Kuva 9 on osoitus onnistuneesta testauksesta. Kaikki 6 vaihetta on hyväksytty käyttäjän toimesta.

Kuvassa 9 on nähtävissä esimerkki loki.txt-tiedostosta.

Loki.txt-tiedoston lähdekoodi on nähtävissä liitteessä 16.

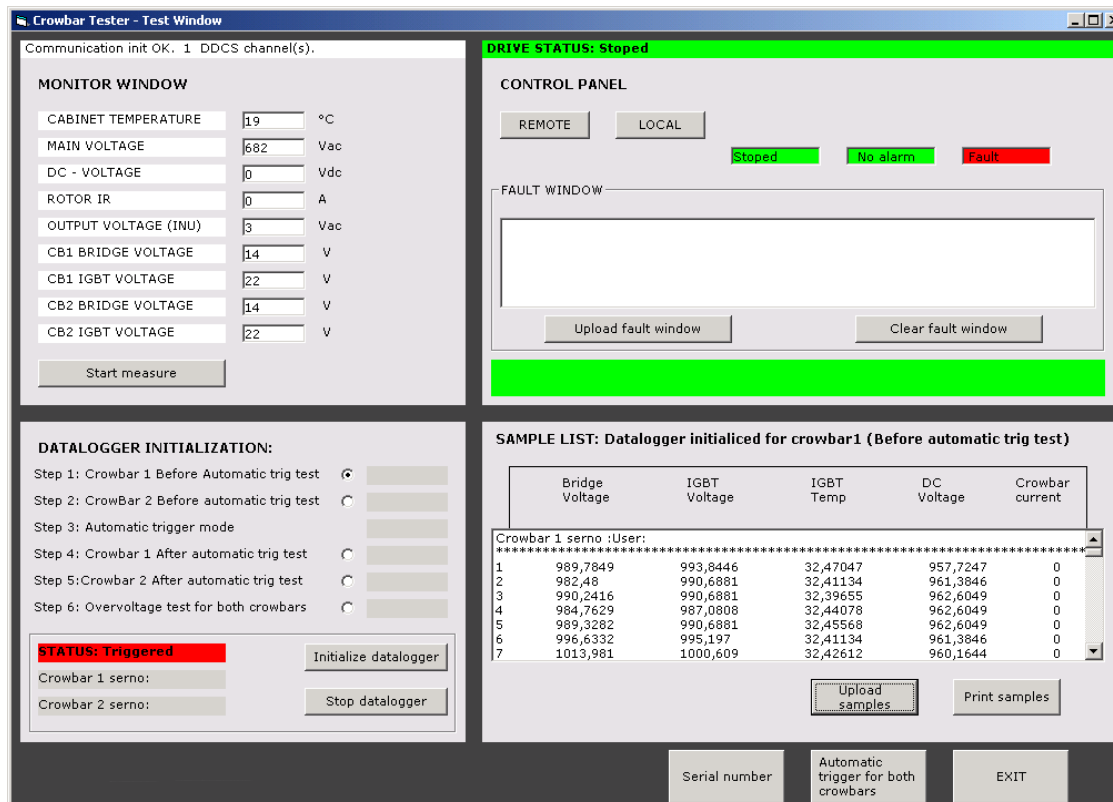


Kuva 9. Loki.txt.

10.2 Test Window

Test Window, kuva 19, koostuu neljästä pienestä alinäköymästä *Monitor Window*, *Initialize Datalogger*, *Control Panel*, *Sample List* ja *Automatic Trigger*. Lisäksi testauksessa on vaihe “Over Voltage Test”.

Test Window -näköymän lähdekoodi on nähtävissä liitteessä 17.



Kuva 19. *Test Window* -näköymä. The test window without the automatic trigger UI.

Monitor Window on nimensä mukaan tarkoitettu mittaustiedon havainnollistamiseen. Tästä näköymästä käyttäjä tarkistaa tärkeimmät mittaukset ennen varsinaisen testin aloittamista. *Control Panel* on työkalu ACS800-31-100-07-taajuusmuuttajan kontrolloimiseen sekä *Fault Window* -näköymän lataamiseen. *Initialize Datalogger* on työkalu AMC-33C logger -piirin käynnistykseen. Tämä näköymä havainnollistaa käyttäjälle myös testin kulun. *Sample List* on listaus dataloggerin keräämistä näytteistä, joiden perusteella käyttäjä hyväksyy Crowbar-moduulin toimivuuden.

10.2.1 Monitor Window

Monitor Window, kuva 10, sijoittuu *Test Window*-näkyvän vasempaan ylänurkkaan. Näkyvän ylälaudassa vaalealla pohjalla oleva teksti "*Communication init OK. 1 DDCS channel(s)*" kertoo, että Crowbar-ohjelmiston ja PCMCIA-kortin välinen kommunikointi on kunnossa. Se ei kuitenkaan kerro PCMCIA-kortin ja testilaitteiston välisen yhteyden olemassaolosta, vaan käyttäjän tulee tarkistaa se itse seuraavalla toimenpiteellä.

Käyttäjän painaessa *Start measure* -painiketta käynnistyy mittausten monitorointi. Jos kaikki mittaustulokset ovat nollia, voidaan olla varmoja, ettei kommunikointi testilaitteiston kanssa ole kunnossa.

Start measure -painiketta painettaessa avautuvat kolme aikaisemmin mainittua näkymää.

Monitor Window -näkyvästä voidaan tarkastella taajuusmuuttajan ja Crowbarin mittauksia, jotka kertovat testilaitteiston tilasta. Kun Crowbar-testilaitteiston taajuusmuuttaja on käynnistetty kohdan 10.2.4 Control Panel selvityksen mukaisesti, reagoivat mittaukset seuraavalla tavalla.

Main voltage kertoo taajuusmuuttajan tulosillan (ISU) jännitteen. Tässä tapauksessa n. 690 Vac. Mittaus suoritetaan tulosillan vaiheista L1 ja L2. [2, s. 71.]

DC-voltage kertoo välipiirin dc-jännitteen. Tämä mittaus vaihtelee testausvaiheesta riippuen 0-1205 Vdc. Taajuusmuuttajan ollessa normaalitilassa päällä näyttää mittaus n. 900 Vdc. [2, s. 71.]

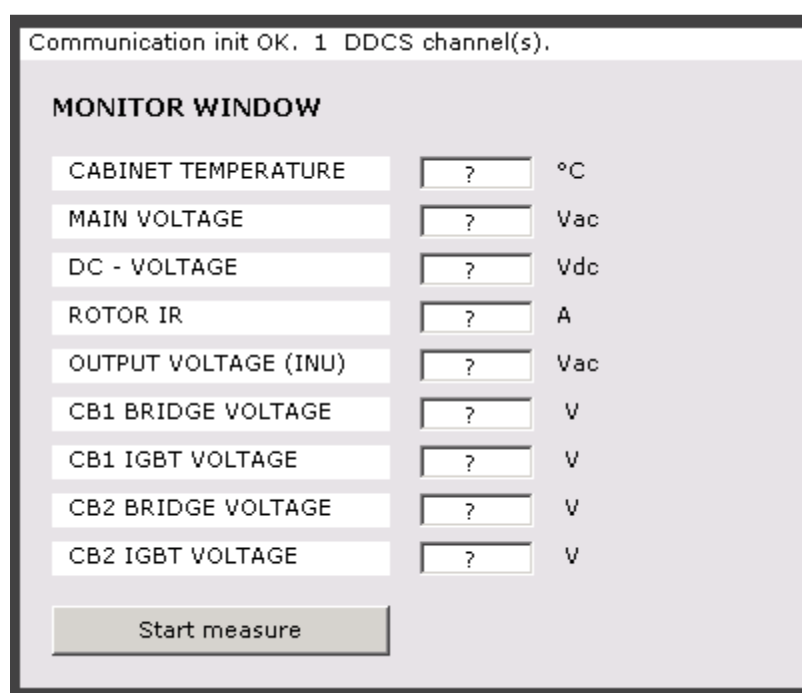
Rotor IR mittaa moottorin virtaa. Koska moottoria käytetään vain tyhjäkäynnillä, virrat eivät nouse kovinkaan suuriksi. Virta on taajuusmuuttajan tilasta riippuen 0-5 A. [2, s. 72.]

Output voltage kertoo taajuusmuuttajan lähdön (INU) jännitteen. Taajuusmuuttajan ollessa käynnissä on jännite n. 690 Vac. [2, s. 72.]

CB1-2 Bridge voltage kertoo aktiivi-Crowbar-moduulin tasasuuntaussillan jännitteen. CB1-2 IGBT voltage kertoo aktiivi-Crowbar-moduulin IGBT-jännitteen. Taajuusmuuttajan ollessa käynnissä nämä molemmat mittaukset ovat n. 1000 V. Bridge- ja IGBT-jännite seuraavat toisiaan huolimatta Crowbar-moduulin tilasta. [2, s. 105 - 106.]

Cabinet temperature kertoo Crowbar-testilaitteiston solun 2 lämpötilan. [2, s. 72.]

Liitteessä 17 on nähtävissä mittauksen lähdekoodi.



Kuva 10. Monitor Window -näkymä.

10.2.2 Initialize Datalogger

Datalogger on AMC-33C-moduulissa oleva piiri, jonka avulla voidaan kerätä näytteitä erityyppisistä mittauksista. Datalogger initialisoimisella tarkoitetaan dataloggerin alustamista sellaiseen tilaan, että halutut näytteet tietyltä aikaväliltä ja tietyistä tapahtumasta ovat ladattavissa käyttäjän tarkasteltavaksi. Tätä ominaisuutta käytetään myös Crowbar Tester -ohjelmistossa.

Dataloggerilla on kolme perustilaa: *Stopped*, *Running* ja *Triggered*. Nämä perustilat ovat luettavissa *Status*-kentästä. *Stopped* on tila, jossa dataloggerin initialisointi on sallittua, *Running* on tila, jossa datalogger kerää näytteitä määritellyistä mittauksista, ja *Triggered* on tila, jossa näytteet ovat ladattavissa.

Datalogger initialization -näkymä, kuva 11, sijoittuu *Test Window* -näkymän vasempaan alanurkkaan. Tämä näkymä havainnollistaa käyttäjälle testin eri vaiheet: *Step 1-6*. Kun kaikki vaiheet on käyty läpi ja testi on onnistunut, ilmestyy jokaisen kohdan perään vihreällä pohjalla oleva ilmoitus ”*Done*”.

Liitteessä 17 on nähtävissä Datalogger initializatoin -näkymän lähdekoodi.

DATALOGGER INITIALIZATION:

Step 1: Crowbar 1 Before Automatic trig test	<input checked="" type="radio"/>	Done
Step 2: CrowBar 2 Before automatic trig test	<input type="radio"/>	
Step 3: Automatic trig test mode		
Step 4: Crowbar 1 After automatic trig test	<input type="radio"/>	
Step 5: Crowbar 2 After automatic trig test	<input type="radio"/>	
Step 6: Overvoltage test for both crowbars	<input type="radio"/>	

Crowbar 1 serno:

Crowbar 2 serno:

Initialize datalogger

Stop datalogger

Kuva 11. Datalogger initialization -näkymä.

10.2.3 Excel-makrot

Kuvassa 11 näkyy kaikki kuusi testausvaihetta aktiivi-Crowbar-moduuleille. Näistä vaiheissa Step 1, Step 2, Step 4 ja Step 5 luodaan Excel-makron avulla kuvaaja, josta on nähtävissä esimerkki kuvassa 16.

Jokaiselle vaiheelle on erillinen makro, jotta eri testausvaiheista saadaan tallennettua tietoa erikseen.

Step 1 tiedot tallennetaan makrossa *Taulukonluonti*, joka on nähtävissä liitteenä 18. Step 2 tiedot tallennetaan makrossa *Taulukonluonti1*, joka on nähtävissä liitteenä 19. Step 4 tiedot tallennetaan makrossa *Taulukonluonti2*, joka on nähtävissä liitteenä 20, ja Step 5 tiedot tallennetaan makrossa *Taulukonluonti3*, joka on nähtävissä liitteenä 21.

Step 6:n tiedot tallennetaan makrossa *Taulukonluonti4*. Step 6:n luomasta kuvaajasta on nähtävissä esimerkki kuvassa 18.

Step 1

Koska kuva 11 havainnollistaa tilannetta, jossa *Step 1* on jo hyväksytysti suoritettu, ajatellaan vihreällä pohjalla oleva *Done*-laatikko vielä harmaaksi. Käyttäjä valitsee *Step 1* -rivin aktiiviseksi ja painaa *Initialize datalogger* -painiketta. Jos initialisointi epäonnistuu, ilmoittaa ohjelmisto jonkin alla olevista virheilmoituksista:

“No Drive in these channels.”

Tämä virheilmoitus tarkoittaa, että Crowbar Testerin ja PCMCIA-kortin välinen yhteys ei ole kunnossa.

“Datalogger not stopped”.

Datalogger on *Running* -tilassa ja käyttäjä yrittää initialisoida dataloggeria uudelleen. Tämän virheilmoituksen tullessa käyttäjän on painettava *Stop datalogger* -painiketta, jonka jälkeen initialisointi onnistuu jälleen,

"Init error = numerosarja"

Jos käyttäjälle tulee virheilmoitus *"Init error= numerosarja"*, on kyse virheilmoituksesta, joka ilmestyy ohjelmistossa tapahtuvan virheen myötä ja on syytä ottaa yhteyttä asiantuntevaan henkilöön. Numerosarjasta voidaan tulkita virheen tyyppi. Nämä numerosarjat löytyvät "DriveDebug Function for Visual Basic Programs" -manuaalista ("Error Codes of Data Logger Functions", s. 35).

Jos initialisointi onnistuu, ilmoittaa ohjelmisto seuraavan ilmoituksen:

"Init OK!"

Muutaman sekunnin kuluttua initialisoinnista ohjelmisto käynnistää dataloggerin automaattisesti ja ilmoittaa:

"Datalogger running"

Nämä kaksi ilmoitusta *"Init OK!"* ja *"Datalogger running"* saatuaan, voi käyttäjä siirtyä seuraavaan vaiheeseen.

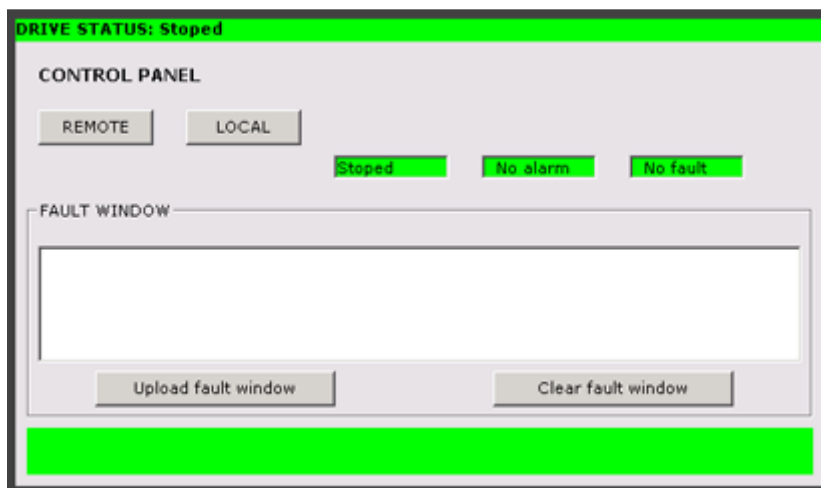
10.2.4 Control Panel

Control Panel on näkymä, jolla voidaan ohjata ACS800-31-100-7-taajuusmuuttajaa. Taajuusmuuttaja toimii testattavien Crowbar-moduulien lähdejännitteenä. Taajuusmuuttajan lähdöstä saadaan Crowbar-moduulin diodisilan jännite ja välipiiristä sen ohjauselektroniikan jännite. *Control Panel* -näkyssä on myös *Fault Window*, josta voidaan ladata taajuusmuuttajan ja Crowbar-moduulin vikailmoitukset.

Control Panel -näkyvässä, kuva 12, on viisi painiketta. *Local*-painiketta painettaessa asettuu taajuusmuuttaja *Local*-tilaan ohjaujärjestelmän välityksellä.

Control Panel -näkyvän ollessa tässä tilassa voidaan taajuusmuuttajalle antaa tarvittavia käskyjä, kuten *Start*, *Stop* ja *Reset*. *Remote*-tilassa ohjausjärjestelmä ei ota vastaan mitään käskyä, vaan odottaa jonkin käyttöliittymän *Local*-tilaa. Näin ollen *Local*-tilaa voidaan pitää ohjausjärjestelmän ulkoisen ohjauksen varaustilana, koska kahden erillisen käyttöliittymän ei sallita olevan tässä tilassa samaan aikaan. Seuraava kuva esittää *Control Panel* -näkyvää *Remote*-tilassa.

Control Panel -näkyvän lähdekoodi on nähtävissä liitteessä 17.



Kuva 12. *Remote Mode* -näkyvä.

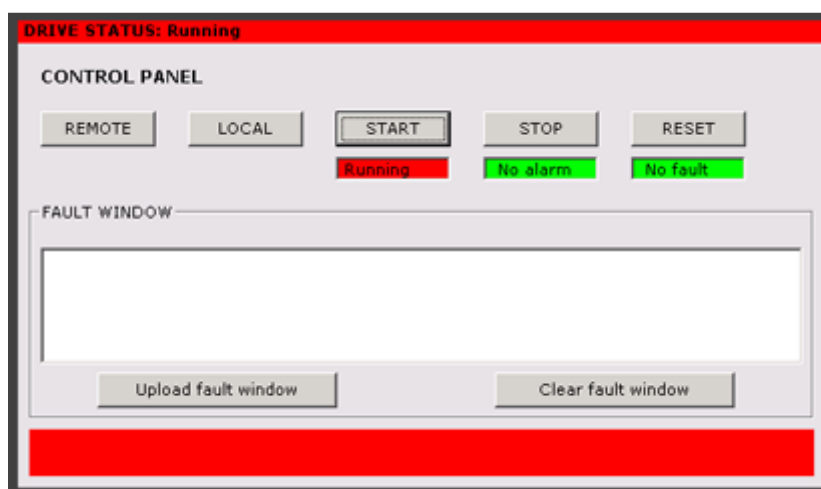
Control Panel –näkyvän toiminta

Käyttäjän asettaa käytön *Local*-tilaan, jolloin painikkeet *Start*, *Stop* ja *Reset* tulevat näkyviin, kuva 13. Näiden kolmen painikkeen näkyvyys kertoo käyttäjälle, että taajuusmuuttajan käynnistys on mahdollista ja *Local*-tilanvaraus on onnistunut.

Käyttäjän painaessa *Start*-painiketta käynnistyy taajuusmuuttaja, ja kyseisen painikkeen alla vihreällä pohjalla oleva valo muuttuu punaiseksi kertoen taajuusmuuttajan tilan olevan *running*.

Jos käynnistys epäonnistuu, ilmestyy *Reset*-painikkeen alle punainen valo ja ilmoitus "*Fault*". Nyt käyttäjän tulee ladata *Fault Window* painamalla *Upload Fault Window* -painiketta. Näkymään ilmestyy virheilmoitus. Jokaisen virheilmoituksen perässä on kellonaika, joka ilmoittaa tapahtuman ajankohdan. Käyttäjä voi myös poistaa *Fault Window* -näkymän tiedot painamalla *Clear Fault window* -painiketta. Tämä onkin suositeltavaa selkeyden kannalta.

Control Panel -näkymän *Fault*-valon palaessa tulee käyttäjän resetoita järjestelmä painamalla *Reset*-painiketta, jotta uudelleen käynnistys onnistuisi.



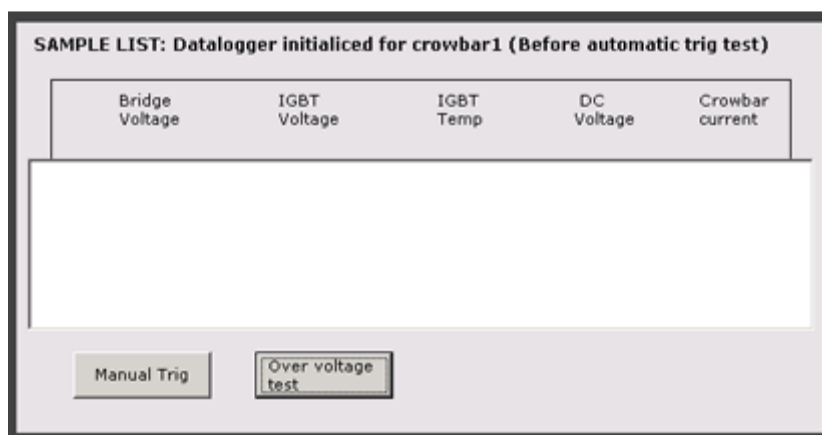
Kuva 13. Control Panel Running mode -näkymä.

10.2.5 Sample List

Sample List, kuva 14, on näkymä, josta dataloggerin näytteet ovat ladattavissa. Näkymän ylälaidassa oleva teksti "*Datalogger initialized for crowbar1 (Before automatic trig test)*" kertoo käyttäjälle, mille toiminnolle datalogger on initialisoitu.

Näkymän alalaidassa olevat painikkeet *Manual Trig* ja *Over voltage test* ovat oleellisia testin läpiviemiseen. *Manual Trig* -painiketta painettaessa saadaan Crowbarin IGBT:t liipaistua n. 10 ms ajaksi, ja taajuusmuuttajan ulostulojännite purkautuu lämmöksi Crowbar-moduulin vastukseen. Over voltage test -toiminnasta kerrotaan lisää myöhemmin.

Sample List -näkömän lähdekoodi on nähtävissä liitteessä 17.



Kuva 14. Sample List -näkömä.

Esimerkki 1: Sample List

Crowbar Tester -ohjelmiston käyttäjä on siis initialisoinut dataloggerin ja käynnistänyt taajuusmuuttajan. Käyttäjä painaa painiketta *Manual Trig*, jonka seurauksena Crowbarin IGBT:t liipaisevat ja dataloggerin *Running*-tilan pitäisi muuttua *Triggered*-tilaksi (*Status*). Ohjelmisto ilmoittaa käyttäjälle ilmoituksen "*Trig ok*" jos *Manual Trig* -viesti on mennyt perille.

Tämän seurauksena ilmestyy *Sample List* -näkömään kaksi uutta painiketta *Upload samples* ja *Make Excel chart*. Kun dataloggerin status on *Triggered*, voi käyttäjä ladata näytteet painamalla *Upload samples* -painiketta. Nyt tyhjiin ruutuun tulee teksti "*uploading...*", ja muutaman sekunnin kuluttua ohjelmisto il-

moittaa, kuinka monta näytettä se on ladannut kustakin mittauksesta. Jokaisen mittauksen näytteiden määrän tulisi olla 1024.

Kuvassa 15 lukee Crowbar-moduulin sarjanumero ja testaajan tunnistetieto. Vetämällä vetovalikko alaspäin voidaan varmistaa, että kaikista mittauksista on varmasti tullut 1024 näytettä.

SAMPLE LIST: Datalogger initialiced for crowbar1 (Before automatic trig test)

	Bridge Voltage	IGBT Voltage	IGBT Temp	DC Voltage	Crowbar current
Crowbar 1 serno :User:					
1	989,7849	993,8446	32,47047	957,7247	0
2	982,48	990,6881	32,41134	961,3846	0
3	990,2416	990,6881	32,39655	962,6049	0
4	984,7629	987,0808	32,44078	962,6049	0
5	989,3282	990,6881	32,45568	962,6049	0
6	996,6332	995,197	32,41134	961,3846	0
7	1013,981	1000,609	32,42612	960,1644	0

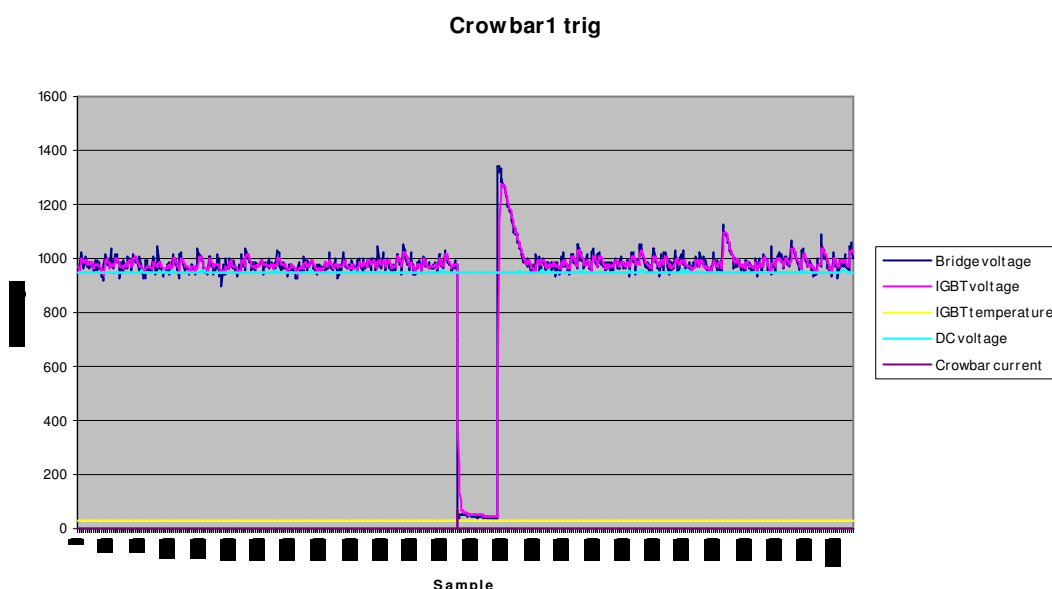
Upload samples Print samples

Kuva 15. Ladatut näytteet Manual Trig -tapahtumasta

Jos näytteiden lataamisessa ei ollut ongelmia, painaa käyttäjä *Make Excel chart* -painiketta, jolloin Excel-työkirjan *Taulukko.xls* avautuu tietokoneen näytölle. Kuvassa 16 on onnistunut *Manual Trig* -tapahtuma. Käyttäjä varmistaa testin onnistumisen vertaamalla Excelin kuvaajaa ohjeistuksessa annettuun kuvaajaan. Huolimatta testin hylkäämisestä tai hyväksymisestä käyttäjä sulkee Excel-ohjelmiston vasemmalla ylälaidassa olevasta rastista Windows-ohjelmistojen tyyliin. Välittömästi Excel-ohjelmiston sulkeuduttua palaa Crowbar Tester -ohjelmisto tietokoneen näytölle ja ohjelmisto antaa ilmoituksen, jossa käyttäjä joko hyväksyy tai on hyväksymättä Step 1:n suorituksen.

“Would you like to accept Step 1.”

Jos käyttäjä hyväksyy Step 1:n painamalla Yes-painiketta, ilmestyy *Datalogger initialization* ikkunaan vihreällä pohjalla oleva teksti "Done", kuten kohdassa 10.2.2 kerrotaan.



Kuva 16. Excel kuvaaja Manual Trig -tapahtumasta

10.2.6 Automatic Trigger

Painettaessa kuvassa 19 *Automatic trigger for both crowbars* -painiketta avautuu kuvassa 17 kuvattu näkymä.

Näkymässä on kolme osaa, joista voidaan tarkastella Crowbar1- ja Crowbar2-moduulien sekä taajuusmuuttajan mittauksia.

Painamalla *Start automatic trigger* -painiketta käynnistyy testivaihe Step 3. Kyseisessä vaiheessa tehdään aktiivi-Crowbar-moduuleille sarja manual trig -tapahtumia, kuten kuvan 16 kuvaajassa on esitetty. Tämä tapahtuma toistuu muutaman sekunnin välein tuoden jokaisella kerralla näkymän kohtaan *MANUAL TRIG* vihreällä pohjalla tekstin "trig".

Näkymässä oleville muille mittauksille on mahdollista asettaa raja-arvoja, joiden ylittyessä automatic trigger -testi keskeytyy.

Suorittaessa testin loppuun ilmoittaa ohjelmisto käyttäjälle testiin kuluneen kokonaisajan sekä sen, kuinka monta kertaa aktiivi-Crowbar-moduulit ovat liipaisseet. Käyttäjän tulee hyväksyä testivaiheen Step 3 päättymisen.

Testin pituus on määritettävissä ohjelman lähdekoodissa liitteessä 18.

Automatic Trigger

CROWBAR 1

CABINET TEMPERATURE (PT-100)	<input type="text"/>	°C
IGBT TEMPERATURE	<input type="text"/>	°C
CROWBAR IGBT VOLTAGE	<input type="text"/>	V
CROWBAR BRIDGE VOLTAGE	<input type="text"/>	V
MANUAL TRIG	<input type="text"/>	Trig

DRIVE

MAIN VOLTAGE	<input type="text"/>	V
DC - VOLTAGE	<input type="text"/>	V

CROWBAR 2

CABINET TEMPERATURE (PT-100)	<input type="text"/>	°C
IGBT TEMPERATURE	<input type="text"/>	°C
CROWBAR IGBT VOLTAGE	<input type="text"/>	V
CROWBAR BRIDGE VOLTAGE	<input type="text"/>	V
MANUAL TRIG	<input type="text"/>	Trig

Start automatic trigger

Close window

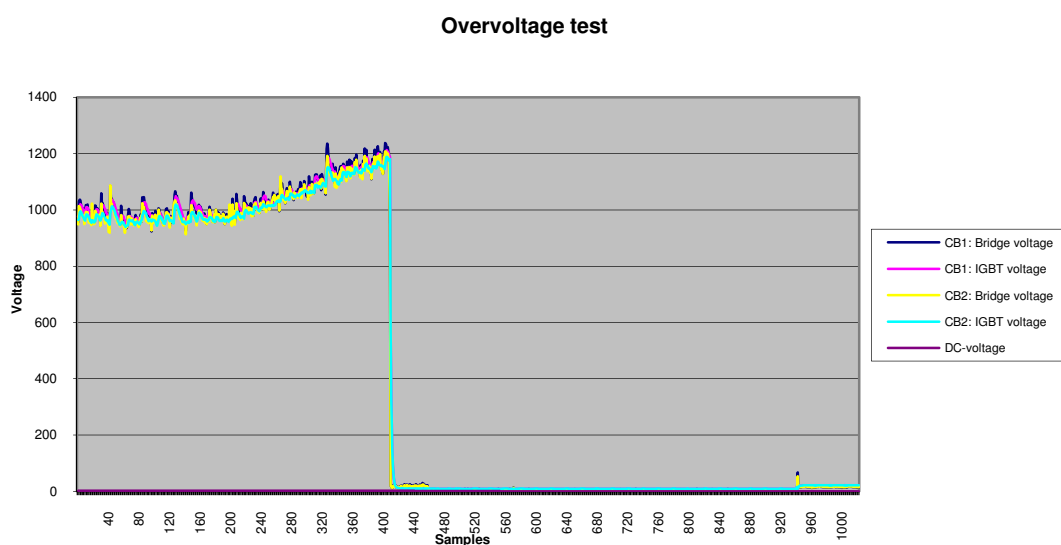
Kuva 17. Automatic Trigger -näkymä.

10.3 Overvoltage test

Aktiivi- ja passiivi-Crowbar-moduuleissa on molemmissa ylijännitelaukausautoiminto, joka perustuu NCBC-kortin suoraan UC-mittaukseen ja on toteutettu hardware-menetelmällä. Tämä testaus voidaan suorittaa molemmille testattaville Crowbar-moduuleille samaan aikaan.

Kirjoittamalla parametrin 23.01 (ISU) arvoksi 1205 V saadaan aikaan DC-jännitteen nousu taajuusmuuttajassa, ja Crowbar-moduuli liipaisee, jolloin INU:n energia johdetaan Crowbar-vastukselle. Kuva 18. [2.]

Painamalla kuvan 14 Over voltage test -painiketta voidaan tehdä ylijännitelaukaisukoe Crowbar-moduuleille.



Kuva 18. Overvoltage test.

11 Testaustietojen tallennus

Crowbar tester -ohjelmisto luo tietokantaa testin edetessä. Kohdassa 10.1.3 *Tietokannan luominen* on kerrottu, miten tietokanta muodostetaan. Kuvan 16 osoittama *Manual Trig* -tapahtuma tallennetaan tämän mukaisesti siihen kansioon, joka on osoitettuna tietokannassa. Koska kyseessä on Crowbar 1,

tallentuu Excel-taulukko ja kuvaaja seuraavaan hakemistoon: *U: \Program Files\Crowbar Tester\Tested Crowbars\Active Crowbars\1234\Crowbar 1 before automatic test.xls*

11.1 Väliaikaiset tiedostot (Temporary Files, Temporary Files1)

Tallennuksen apuna käytetään väliaikaisia tiedostoja, joiden avulla saadaan vähennettyä Excel-ohjelmiston ylimääräisiä ilmoitusikkunoita. Esimerkiksi ohjelmistoa sulkiessa ohjelmisto kysyy käyttäjältä, tallennetaanko tiedot. Väliaikastiedostojen käyttö helpottaa Crowbar Tester -ohjelmiston käyttöä, eikä käyttäjän tarvitse välittää ylimääräisistä ilmoituksista.

Ensimmäinen tallennus tapahtuu käyttäjän painaessa *Upload Samples* -painiketta. Ladatut näytteet tallennetaan *U:\Program Files\Crowbar Tester\Temporary Files* -kansioon.

Seuraava tallennus tapahtuu käyttäjän painaessa *Make Excel chart* -painiketta. Taulukko.xls-tiedostossa oleva makro lataa näytteet *Temporary Files* -kansioista, muodostaa kuvaajan ja tallentaa tiedon kansioon *Temporary Files1*. Tämän toimenpiteen ansiosta käyttäjän ei tarvitse huolehtia Excel-tietojen tallennuksesta, vaan ohjelmisto voidaan sulkea ilman pelkoa tietojen katoamisesta.

Kun käyttäjä saa ilmoituksen Excelin suljettuaan "*Would you like to accept Step 1*" ja hyväksyy viestin painamalla *Yes*-painiketta, siirtyy *Temporary Files1* -tiedostossa oleva tieto testattujen Crowbar-moduulien tietokantaan ja väliaikaiset tiedostot *Temporary Files*, *Temporary Files1* tyhjennetään. Väliaikaiset tiedostot tyhjenevät myös *No*-painiketta painaessa.

12 Yhteenveto

Insinööritöiden tuloksena syntyi ainutlaatuinen järjestelmä, jonka avulla Crowbar-moduulin testaaminen yksinkertaistuu ja on käyttäjäystävällisempää sekä turvallisempaa. Testaus voidaan myös suorittaa joustavammissa olosuhteissa. Lopputuloksena syntyi testilaitteisto, joka sisältää fyysisen laitteiston, käyttöliittymän sekä dokumentaation.

Työtä aloitettaessa tavoitteena oli tehdä testilaitteisto. Työn edetessä projekti laajeni, ja siihen tuli lisänä käyttöliittymän tekeminen. Työssä toteutettavan testilaitteiston kanssa ei voinut käyttää vanhaa jo olemassa olevaa testiohjelmistoa, joten päätettiin yrittää uuden paremman käyttöliittymän luomista.

Ottaen huomioon testauslaitteistolle toimeksiantajan puolesta asetetut tavoitteet käyttöliittymän suunnittelu testauslaitteistolle oli hyvin olennainen osa työtä.

Työtä tehdessä materiaaliressurssit eivät olleet ongelma. Jos työtä varten tarvittiin materiaalia, oli se helposti ja yksinkertaisesti hankittavissa. Myös tietoa oli saatavissa jos sitä pyysi.

Crowbar-testilaitteisto ei ole tällä hetkellä käytössä. Kehitystyötä ei saatu vietyä loppuun asti työlle asetetussa ajassa.

Lähteet

- 1 AC Drives. Hardware Manual. ACS800-67. Wind Turbine Drives for Asynchronous Slip Ring Generators. Helsinki: ABB Oy, 2005.
- 2 AC Drives. Firmware Manual. Cascade Generator Control Program for ACS800-67 Wind Turbine Drive. Helsinki: ABB Oy, 2005.
- 3 Harjunen, Olli. DriveDebug Functions for Visual Basic Programs. Käyttöohje. ABB Oy, 2000.
- 4 DriveDebug Users manual. Käyttöohje. ABB Oy, 2002.
- 5 SFS-EN 50191. Sähköisten testauslaitteistoiden asennus ja käyttö. 2003.
- 6 Salminen, Antti-Jussi. Tuotekehityspäällikkö, Abb Oy. Helsinki. Keskustelu 2005.
- 7 Pajala, Timo. Wind Turbine Drive ACS800-67-0480-1160-7-piirikaavio, dokumentti 3AFE 68313121. ABB Drives, 2003.
- 8 Suomalaiset ABB-yhtiöt. Teknisiä tietoja ja taulukoita. Vaasa: ABB Oy, 2000.